

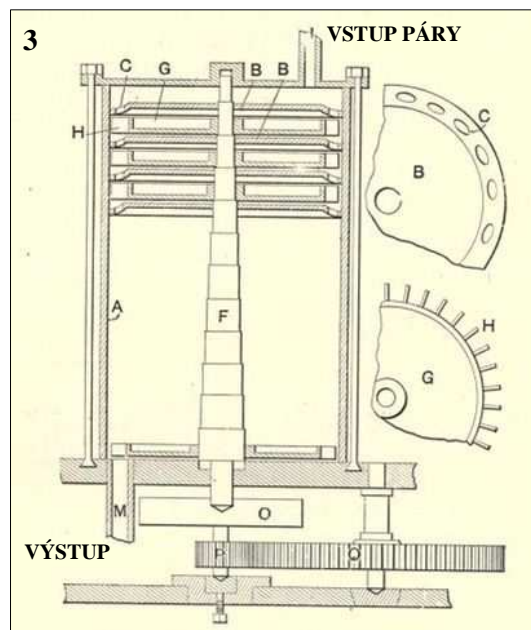
## Otcové parních turbín

**Parní turbína. Pro někoho odtažitě složitě zařízení; bez něho bychom však dnes doma nesvítili. Je plodem technického kvasu 19. století, svým posláním patří do století následujícího a její princip je znám téměř dva tisíce let. Nestojí za pozornost?**

V souvislosti s parní turbínou je vždy na prvním místě připomínán strojek antického vynálezce Héróna z Alexandrie (pravděp. 1. stol n. l.). Tzv. aeolipila (obr. 1) byla založena na stejném principu, který využívají některé parní i vodní turbíny, ale také proudové a raketové motory. Pára z duté kuličky vycházela tryskami a otáčela zařízením v opačném směru. U parních (i vodních) turbín se využívají dva základní principy: první, řekněme mu jednoduše „akční“, spočívá v přímém působení proudu tekutiny na tuhé těleso (lopatku). Druhý, „reakční“ (a použitý Hérónem) si můžeme ověřit třeba volně puštěným nafouknutým balónkem. Moderní „reakční“ (přesněji přetlakové) turbíny oba principy kombinují. Hérón není připomínán pouze formálně – některé první návrhy parních turbín vycházely přímo z jeho aeolipily (př. na obr. 4).

Asi prvním novověkým návrhem stroje připomínajícího parní turbínu je zařízení italského architekta Giovanniho da Branky (1629, obr. 2). Branca se tak stává ideovým předchůdcem Gustafa Lavala, švédského autora průmyslově vyráběné akční (přesněji rovnotlaké) turbíny o dvě a půl století později. Jinou pozoruhodnou myšlenkou předbíhající dobu je patent turbíny Angličana Jamese Sadlera (1791). Kreativní Sadler je kromě toho prvním anglickým letcem (horkovzdušný balón vlastní konstrukce) a také před „oficiálním“ vynálezem experimentoval se svítiplynem.

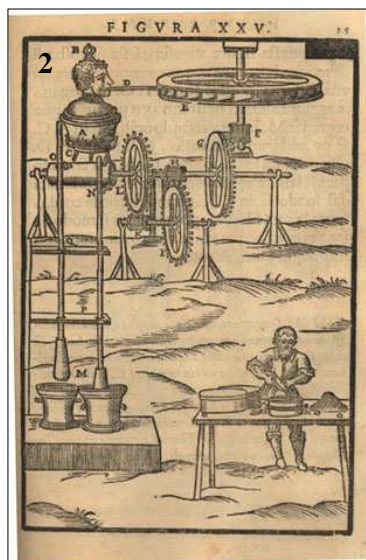
„Století páry“ přineslo nepřeborně vynálezů v oboru parních turbín. Z této bublající taveniny vzešlo posléze několik ryzích krystalů (Laval, Parsons, Curtiss, Rateau, Stodola); k některým z nich směřujeme. Připomeňme několik jejich předchůdců, dobyvatele slepých uliček nevyjímaje. V roce 1827



přišli Francouzi Real a

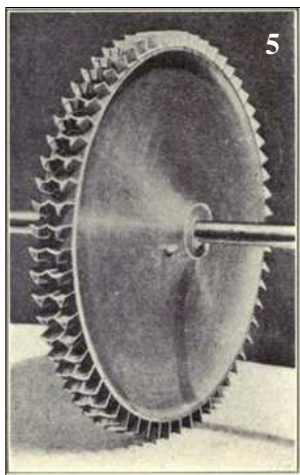
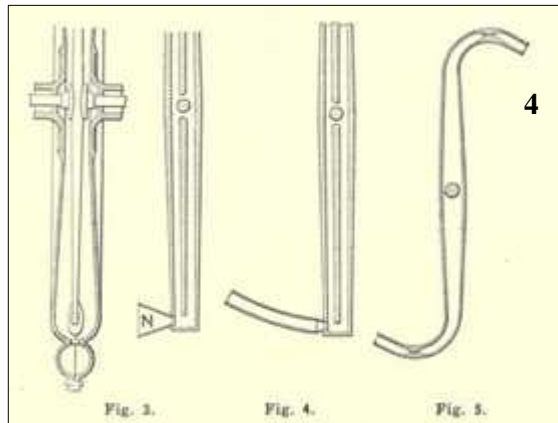
Pichon (porevoluční Francie usilovně doháněla průmyslově vyspělou Anglii) s první vícestupňovou turbínou akčního typu; na obr. 3 jsou jen tři stupně. Stupeň je základním konstrukčním prvkem turbíny. Skládá se z rozváděcího ústrojí, v němž pára získá vysokou rychlost (přeměna „tlaku na rychlost“) a z kola, které se otáčí poháněno touto parou (buď převážně přímo - „akčně“, nebo i reaktivním účinkem páry vytékající zužujícími se mezilopátkovými kanály oběžného kola – vzpomeňte na Héróna). Prvním americkým patentem byla v roce 1831 Averyho (Foster & Avery) reakční turbína. Leroy (1838, obr. 4) vycházel také z nesmrtelného Héróna, navíc byl prvním, kdo použil rozšiřující se expanzní trysku (princip objasníme později), ale není zcela

průkazné, že správně chápal její působení. U Perrigaulta a Farcota (1864) procházela pára



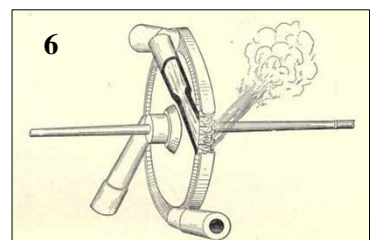
oběžným kolem opakovaně.

Inspirací pro konstruktéry parních turbín byly i turbíny vodní. Koncem 80. let 19. století se objevila jednoduchá a účinná Peltonova vodní turbína (zdokonalené vodní kolo, stavěné na pohon paprskem vody s vysokou výtokovou rychlostí). Ta sváděla k napodobení. Francouzský profesor Auguste Rateau byl jedním z prvních experimentátorů. Jeho reverzní parní turbína (1894, obr. 5) měla oběžné kolo s lopatkami připomínajícími Peltonovy. Podobně postupovali i Riedler a Stumpf, Richards, Zoelly a další vynálezci. Rateau, jedna ze stěžejních postav parního turbínářství, sledoval při své práci tři hlavní cíle: 1. Vysokou účinnost s tak malými otáčkami, jak bude možné (problémem prvních turbín byly právě nevládnutelně vysoké otáčky); 2. Dostatečnou a přitom neškodící vzdálenost mezi pevnými a rotujícími částmi (velká vzdálenost způsobuje ztráty, malá problémy např. při tepelné roztažnosti); 3. Nejmenší možnou hmotnost stroje, zejména rotujících částí. Rateau dospěl ve své práci k axiální turbíně (hlavní směr průtoku páry je souběžně s osou) s mezistěnami (nesou rozváděcí lopatky). Turbína byla „akční“ (správně rovnotlaká – tlak páry před oběžným kolem a za ním byl stejný, veškerá přeměna tlakové energie páry na pohybovou proběhla v kanálech mezi rozváděcími lopatkami). Podle Augusta Rateaua postavila v roce 1904 svoji první turbínu i plzeňská Škodovka.

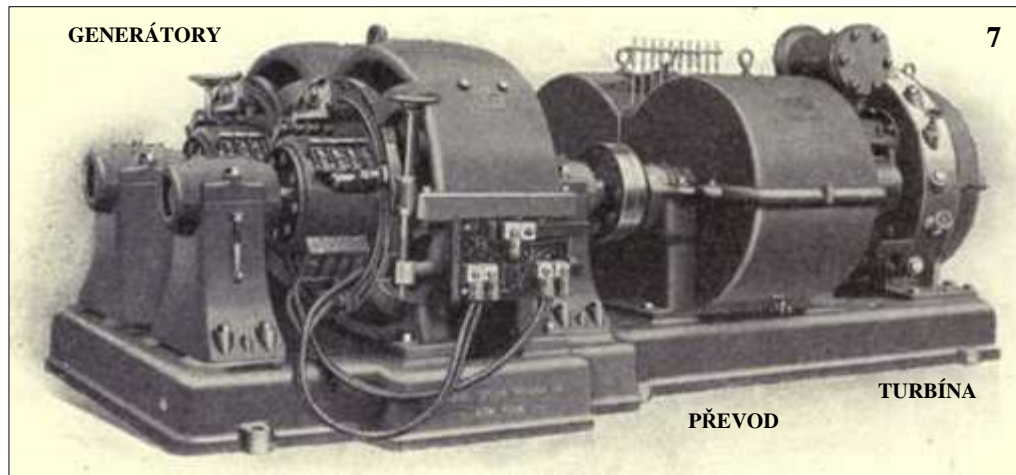


Již v 80. letech se však prezentovali svou úspěšnou prací v oboru parních turbín dva erudovaní technici, jejichž jména jsou nejčastěji uváděna v souvislosti s počátkem moderních turbín: Švéd Carl Gustaf de Laval a Angličan s irskými aristokratickými předky Charles Algernon Parsons. Později k nim přibude ještě jedno jméno

– Aurel Stodola, zakladatel moderního konstruování parních turbín. Laval (1845 – 1913) byl vzdělaným všestranným technikem a vynálezcem. K parním turbínám se dostal při konstruování odstředivek na mléko, pro jejichž pohon potřeboval motor s vysokými otáčkami. Nejprve experimentoval s čistě reaktivní turbínkou Hérónova typu (S-turbína), ale později dospěl k rovnotlakové (akční) turbíně s vysokými otáčkami, u níž expanze páry (rozpínání, při kterém klesá tlak páry a naopak roste rychlost proudění) probíhala v divergentních (rozšířených) dýzách (1888, obr. 6). Smyslem této divergentní trysky je užitečné využití co největšího tlakového rozdílu páry. V jednoduché zužující se trysce totiž poroste se zvětšujícím se tlakovým spádem výtoková rychlost jen do tzv. kritické rychlosti. Ta je rovna rychlosti zvuku v daném médiu (v páře). Při dalším růstu tlakového spádu nastane ztrátová bouřlivá expanze za tryskou a energie přijde nazmar. V rozšiřující se dýze (dnes nazývané Lavalova) expanze pokračuje a rychlost vzrůstá nad rychlost kritickou. Zpracujeme-li však celý tlakový rozdíl páry (přesněji tepelný spád) v rozváděcích dýzách pouze jednoho stupně, bude se oběžné kolo točit enormně vysokými otáčkami (u Lavala asi 30 000 za minutu). Byly dobré pro odstředivku, ale jinak působily samé problémy. Jedním z nich byly tzv. kritické otáčky hřídele, tedy otáčky, při nich se hřídel mohl dostat do rezonance a nekontrolovatelně se rozkmitat. Laval to vyřešil elastickým hřídelem, tedy štíhlým hřídelem, který se točil nad svými kritickými otáčkami a kmital pouze



nepatrně.  
Tento princip  
se využívá  
dodnes.  
Společnost  
De Laval  
Steam  
Turbine  
Comp.  
vyráběla  
vysokootáčkové  
turbíny  
pro  
odstředivky,



odstředivá čerpadla a dmyhadla. Pro pohon elektrických generátorů musela být turbína silně zpřevodovaná (obr. 7). Pokračování příště.

*Použito:*

FRENCH, L. G. *Steam turbines, practice and theory*. New York, London : McGraw-Hill Book Company, 1907.

STODOLA, A. *Die Dampfturbinen*. 2. vyd. Berlin : Verlag von Julius Springer, 1094.

Archiv autora.

Josef Gruber

Publikováno ve Zpravodaji SPŠ strojnické, Plzeň v říjnu 2010.